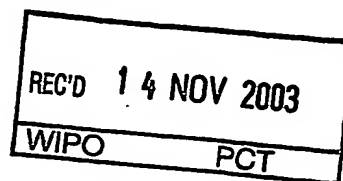




PCI/FR03/02587



#2

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 05 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

**DOCUMENT DE PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**BEST AVAILABLE COPY**



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

**Important !** Remplir impérativement la 2ème page.


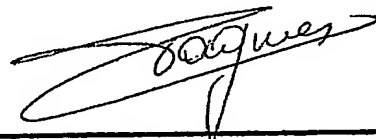
Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 540 W / 180600

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>30 AOUT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0210754</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>30 AOUT 2002</b>		<b>5 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  <b>PONTET ALLANO &amp; Associés Selarl</b>  <b>25 rue Jean Rostand</b> <b>Parc Club Orsay Université</b>  <b>91893 ORSAY Cedex</b>	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> IFB02 NAN TEL			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date ____/____/____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> " Système et procédé de mesure sans contact d'un déplacement ou positionnement relatif de deux objets adjacents par voie capacitive, et application au contrôle de miroirs "			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		NANOTEC SOLUTION	
Prénoms			
Forme juridique		Société Civile	
N° SIREN		. . . . .	
Code APE-NAF		. . . . .	
Adresse	Rue	237 Chemin Puech du Teil	
	Code postal et ville	30900	NÎMES
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>30 AOUT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0210754</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 190600
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		IFB 02 NAN TEL	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		PONTET ALLANO & Associés	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	25 rue Jean Rostand Parc Club Orsay Université	
	Code postal et ville	91893	ORSAY Cedex
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 69 33 21 21	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 69 41 95 88	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>	
Sylvain ALLANO CPI 96 03 03 			

«Système et procédé de mesure sans contact d'un déplacement ou positionnement relatif de deux objets adjacents par voie capacitive, et application au contrôle de miroirs »

5           La présente invention concerne un système de mesure sans contact d'un déplacement ou d'un positionnement relatif de deux objets adjacents, par voie capacitive. Elle vise également le procédé de mesure sans contact mis en œuvre dans ce système, ainsi que l'application de ce système au contrôle de miroirs, notamment de miroirs segmentés.

10           Le domaine principal mais non limitatif d'application de la présente invention est celui des télescopes géants à miroirs segmentés dans lesquels il est nécessaire de contrôler les dispositifs de Tip, de Tilt, et de piston des miroirs segmentés avec une grande résolution, ainsi que le rayon de courbure global du miroir désigné sous le terme de GROC.

15           La publication « Segmented Mirror Control System Hardware for CELT » de Terry S.Mast et Jerry E.Nelson parue dans les actes de SPIE 2000 divulgue ainsi un système de commande de miroirs segmentés utilisant des capteurs capacitifs de déplacement pour le contrôle tridimensionnel des segments de miroir.

20           On connaît également une utilisation de capteurs de bord (« edge sensors ») de technologie capacitive disposés sur les parois latérales de segments de miroirs.

          Par ailleurs, il existe aussi des systèmes de mesure sans contact de positions relatives de pistes conductrices en cuivre sur des cartes à puce en cours d'usinage, qui mettent en œuvre un calcul de type  $(CA-CB)/(CA+CB)$ ,  
25           lorsque CA et CB représentent des capacitances constituées par deux électrodes émettrices et deux électrodes réceptrices en situation de désalignement relatif.

          Le but de la présente invention est de proposer un système de mesure  
30           sans contact par voie capacitive, qui présente de meilleures performances en

précision de mesure que les systèmes de mesure capacitive actuels, tout en permettant une réduction des coûts de réalisation.

Cet objectif est atteint avec un système de mesure sans contact d'un déplacement relatif ou d'une position relative d'un premier objet par rapport à un second objet, comprenant :

- un module capteur comprenant une plaque émettrice fixée audit premier objet et une plaque réceptrice liée audit second objet, lesdites premières et seconde plaques émettrice et réceptrice étant disposées sensiblement en vis à vis et pourvues d'électrodes respectivement émettrices et réceptrices,
- des moyens pour appliquer sur lesdites électrodes émettrices des signaux d'excitation à haute fréquence,
- des moyens pour prélever sur lesdites électrodes réceptrices des signaux de mesure modulés à haute fréquence, et,
- des moyens pour traiter lesdits signaux de mesure ainsi prélevés, de façon à délivrer des signaux représentatifs du déplacement relatif ou de la position relative dudit premier objet audit second objet.

Suivant l'invention, les électrodes émettrices et réceptrices sont agencées pour constituer une première capacitance variant en fonction de la distance séparant les plaques respectivement émettrice et réceptrice et une seconde capacitance variant en fonction du désalignement relatif desdites plaques, et les moyens de traitement sont agencés pour réaliser, à partir des signaux de mesure prélevés, un calcul analogique (i) d'un premier signal représentatif de l'inverse de ladite première capacitance et (ii) d'un second signal représentatif du rapport de la seconde capacitance sur ladite première capacitance.

Avec le système de mesure sans contact selon l'invention, on peut ainsi délivrer simultanément à la fois une information représentative de l'écartement relatif de deux objets, par exemple des miroirs segmentés, et une information représentative du désalignement de ces deux objets, avec une très haute précision rendue possible par un calcul analogique sur des signaux de mesure capacitive.

Afin de maintenir des performances élevées, le calculateur analogique est de préférence réalisé avec un ou plusieurs modulateurs.

Dans un mode de réalisation avantageux, les électrodes émettrices comprennent au moins une première électrode émettrice (T1) avec une  
5 première polarité, une seconde électrode émettrice (TA) avec ladite première polarité et une électrode émettrice (TB) avec une seconde polarité inverse de ladite première polarité, les électrodes réceptrices comprennent au moins une première électrode réceptrice (R1) sensiblement en vis à vis avec ladite première électrode émettrice (T1) et une seconde électrode réceptrice (R(A-  
10 B)) sensiblement en vis à vis d'une partie de ladite seconde électrode émettrice (TA) et une partie de ladite électrode émettrice (TB) de polarité inverse.

Les électrodes émettrices peuvent par exemple comprendre deux  
15 premières électrodes émettrices (T1, T2) avec la première polarité présentant sensiblement une même première forme géométrique, et en ce que les électrodes réceptrices comprennent deux premières électrodes réceptrices (R1, R2) présentant la première forme géométrique et agencées au sein de la plaque réceptrice pour être en vis à vis respectivement desdites premières électrodes émettrices lorsque lesdites plaques émettrice et réceptrice sont en  
20 alignement.

La seconde électrode émettrice (TA) et l'électrode émettrice de polarité inverse (TB) présentent une même seconde forme géométrique, par exemple rectangulaire, et sont disposées parallèlement à proximité étroite l'une de l'autre.

25 La seconde électrode réceptrice (R(A-B)) est de préférence agencée au sein de la plaque réceptrice de sorte que la projection de ladite seconde électrode réceptrice sur la plaque émettrice est incluse dans un périmètre incluant les contours de la seconde électrode émettrice (TA) et de l'électrode réceptrice de polarité inverse (TB).

30 Les deux premières électrodes émettrices (T1, T2) et la seconde électrode émettrice (TA) peuvent être reliées électriquement et excitées par

un même signal d'excitation modulé à haute fréquence, et les deux premières électrodes réceptrices (R1, R2) sont reliées électriquement.

Les moyens de traitement peuvent avantageusement comprendre des moyens pour réaliser le calcul analogique :

5 
$$1/(C1 + C2)$$

où C1 et C2 sont les capacitances constituées respectivement par les premières électrodes émettrices (T1, T2) et les premières électrodes réceptrices (R1, R2), et des moyens pour réaliser le calcul analogique :

$$CA-CB/(C1 + C2)$$

10 où C1 et C2 sont les capacitances constituées respectivement par les premières électrodes émettrices (T1, T2) et les premières électrodes réceptrices (R1, R2), et

où CA-CB représente la capacitance constituée par d'une part la seconde électrode émettrice (TA) et l'électrode émettrice de polarité inverse (TB) et  
15 d'autre part, la seconde électrode réceptrice (R(A-B)).

La mesure différentielle CA-CB peut être réalisée, soit avec un émetteur bi-électrode et un récepteur mono-électrode, soit avec un émetteur mono-électrode et un récepteur bi-électrode.

20 Les capacitances C1 et C2 permettent d'éviter l'utilisation de deux amplificateurs de charge qui dégraderaient considérablement la dérive thermique de l'électronique.

Les mesures séparées de  $(CA-CB)/(C1 + C2)$  et  $1/(C1 + C2)$  permettent ainsi d'effectuer des mesures radiales et axiales.

25 Les moyens de traitement comprennent de préférence un étage préamplificateur (20) pour préamplifier les signaux de mesure prélevés respectivement sur la seconde électrode réceptrice (R(A-B)) et sur les deux premières électrodes réceptrices (R1, R2) reliées électriquement, en amont des moyens de calcul analogique (21).

30 Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé une application du système de mesure sans contact selon l'invention, pour la mesure de la position relative entre deux segments de miroirs adjacents. Dans cette

application, les plaques respectivement émettrice et réceptrice sont fixées à des parois latérales en vis à vis de deux segments de miroirs adjacents, à proximité étroite des surfaces actives desdits segments de miroirs.

5 Suivant encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé de mesure sans contact d'un déplacement relatif ou d'une position relative d'un premier objet par rapport à un second objet, mis en œuvre dans le système selon l'invention, comprenant :

- 10 - une application de signaux d'excitation à haute fréquence sur des électrodes émettrices disposées sur une plaque émettrice fixée sur ledit premier objet,
  - un prélèvement de signaux de mesure modulés à haute fréquence sur des électrodes réceptrices disposées sur une plaque réceptrice fixée sur ledit second objet, au moins une partie desdites électrodes respectivement émettrices et réceptrices étant sensiblement en vis à vis lorsque les plaques  
15 respectivement émettrice et réceptrice sont sensiblement alignées,
  - un traitement desdits signaux de mesure ainsi prélevés, de façon à délivrer des signaux représentatifs du déplacement relatif ou de la position relative dudit premier objet audit second objet,
- caractérisé en ce que ce traitement comprend un calcul analogique (i) d'un  
20 premier signal représentatif de l'inverse d'une première capacitance et (ii) d'un second signal représentatif du rapport d'une seconde capacitance sur ladite première capacitance, ladite première capacitance étant constituée par au moins une desdites électrodes émettrices et au moins une desdites électrodes réceptrices de façon à varier en fonction de la distance séparant  
25 les plaques respectivement émettrice et réceptrice et ladite seconde capacitance étant constituée par au moins une autre desdites électrodes émettrices et au moins une autre desdites électrodes réceptrices de façon à varier en fonction du désalignement relatif desdites plaques.

30 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :



- la figure 1 représente schématiquement les plaques respectivement émettrice et réceptrice mis en œuvre dans un système de mesure selon l'invention ;
- la figure 2 illustre un exemple pratique de mise en œuvre d'un système de mesure selon l'invention ;
- la figure 3 illustre schématiquement un premier exemple de réalisation de la structure interne d'un système de mesure selon l'invention ;
- la figure 4 illustre un exemple pratique de réalisation du système de mesure de la figure 3 ; et
- la figure 5 illustre un second exemple de réalisation d'un système de mesure selon l'invention.

On va tout d'abord décrire, en référence aux figures 1 et 2, un exemple de réalisation d'un module capteur mis en œuvre dans un système de mesure sans contact selon l'invention utilisé pour le contrôle d'un ensemble de miroirs segmentés. Ce module capteur 1, disposé entre deux segments de miroir M, M', comprend une plaque émettrice T fixée sur une paroi latérale 10 du segment M et une plaque réceptrice R fixée sur une paroi latérale 11 du segment M', ces deux plaques respectivement émettrice et réceptrice T, R étant sensiblement en vis à vis et parallèles.

La plaque émettrice T comprend, sur un support plan 12 de faible épaisseur en matériau isolant, deux première et seconde électrodes émettrices T1, T2 de polarité positive de forme carrée reliées électriquement à une troisième électrode émettrice TA de polarité positive de forme rectangulaire disposée entre les première et seconde électrodes émettrices. La plaque émettrice T comprend en outre une électrode émettrice de polarité négative TB de forme identique à celle de la troisième électrode émettrice TA et disposée parallèlement à celle-ci.

La plaque réceptrice R comprend, sur un support plan 14 de faible épaisseur en matériau isolant, deux première et seconde électrodes R1, R2 réceptrices de forme carrée, et une troisième électrode réceptrice R(A-B) de forme rectangulaire disposée entre les deux première et seconde électrodes

réceptrices R1, R2. La surface des supports 12, 14 non occupée par les électrodes précitées est métallisée et constitue pour ces électrodes une garde électrostatique.

5 A titre d'exemple non limitatif, les supports 12, 14 peuvent être en matériau zerodur, ce qui permet d'obtenir la stabilité dimensionnelle requise, et sont recouvertes d'or.

10 Les supports peuvent aussi être en matériau souple, comme le polyimide, collé sur le miroir. Le collage, avec une résine de faible épaisseur, permet de réduire très fortement le coefficient de dilatation thermique du capteur et d'améliorer la stabilité dimensionnelle du matériau souple supportant le capteur, grâce au faible coefficient de dilatation thermique du miroir. Le matériau souple peut être réalisé avec du circuit imprimé souple classique.

15 Comme les deux plaques T, R respectivement émettrice et réceptrice sont disposées parallèlement et écartées par une distance, en pratique de quelques mm à quelques cm, on obtient alors une première capacitance C1 constituée par la première électrode émettrice T1 et la première électrode réceptrice R1, une seconde capacitance C2 constituée par la seconde électrode émettrice T2 et la seconde électrode réceptrice R2, et un dispositif  
20 capacitif soustractif CA-CB constitué, d'une part, par la troisième électrode émettrice positive rectangulaire TA et l'électrode négative émettrice TB et, d'autre part, la troisième électrode réceptrice R(A-B).

25 Le module capteur 1 est relié par un ou plusieurs câbles blindés 15 à un module de traitement électronique 10 installé dans un rack 100 au format standard 3U qui peut contenir plusieurs modules de traitement électronique et disposé au sein d'un conteneur 101. Le câble blindé 15 est relié, d'une part, à des conducteurs électriques reliés au module capteur 1 au moyen d'un premier connecteur 16 et d'autre part, au conteneur 101 au moyen d'un second connecteur 18 puis l'équipement électronique 10 au moyen d'un  
30 troisième connecteur 17. Le rack 100 inclut aussi un module d'acquisition

multi-canaux connecté aux différents modules de traitement électronique 10 et à un bus de liaison extérieure 103.

L'agencement du module capteur 1 entre deux segments de miroir permet une mesure de qualité car très proche des surfaces optiques. Par  
5 ailleurs, du fait du caractère distant des modules de traitement électronique, il n'y a pas de dissipation thermique au voisinage des segments de miroir.

On va maintenant décrire, en référence à la figure 3, un premier exemple de réalisation d'un module de traitement électronique 2 connecté  
10 d'une part au module capteur 1 via le câble blindé 15 et d'autre part à une carte numérique d'acquisition 3 pourvue d'un microcontrôleur 30 et d'une horloge 31.

Le module de traitement électronique 2 comprend un premier étage de préamplification 20 incluant un premier préamplificateur 201 et un second  
15 préamplificateur 202 à ultra faible bruit recevant en entrée respectivement un signal prélevé sur l'électrode réceptrice R(A-B) et un signal prélevé sur les deux électrodes réceptrices R1 et R2 reliées en parallèle. Ce premier étage de préamplification 20 est relié en sortie à un calculateur analogique 21 dont les deux signaux de sortie sont appliqués en entrée de deux convertisseurs analogique/numérique 16 bits 24, 25 délivrant des données numériques  
20 transitant vers le microcontrôleur 30 via un bus interne 300.

Le module de traitement électronique 2 comprend en outre amplificateur différentiel 22 à stabilité élevée prévu pour délivrer un signal  
d'excitation des trois électrodes émettrices positives T1, T2, TA et un signal d'excitation de l'électrode émettrice négative TB. Cet amplificateur  
25 différentiel 22 reçoit un signal de référence délivré par un oscillateur de référence 23 piloté par un signal d'horloge généré par le circuit horloge 31, et délivre aussi un signal de référence de modulation appliqué en entrée du calculateur analogique 21 qui reçoit également un signal de commande d'offset représentant d'un coefficient analogique  $k_0$  délivré par un  
30 convertisseur numérique/analogique connecté au bus numérique 300. Par ailleurs, le module de traitement analogique 2 est alimenté électriquement par

un module d'alimentation électrique 4 prévu aussi pour alimenter la carte numérique 3.

Les deux signaux d'excitation délivrés par l'amplificateur différentiel 22 sont transmis respectivement à l'ensemble des électrodes émettrices positives T1, T2, TA et à l'électrode émettrice négative TB via respectivement deux liaisons filaires 154, 153 incluses dans le câble blindé 15, tandis que les deux signaux de réception prélevés respectivement sur l'électrode réceptrice différentielle R(A-B) et sur les deux électrodes réceptrices RA, RB sont transmis en entrée de l'étage de préamplification 20 via respectivement deux liaisons filaires 151, 152.

Le premier préamplificateur 201 est prévu pour délivrer un signal représentatif de la différence CA - CB, tandis que le second préamplificateur 202 est prévu pour délivrer un signal représentatif de la somme C1 + C2. Ces deux signaux analogiques sont appliqués en entrée du calculateur analogique 21 qui est agencé pour générer deux signaux analogiques représentatifs respectivement de la quantité  $k \left[ \frac{1}{C1 + C2} \right]$  et de la quantité

$$K \left[ \frac{CA - CB}{C1 + C2} \pm k_0 \right].$$

La figure 4 illustre un exemple pratique de réalisation d'un module de traitement électronique 21'. Les préamplificateurs à faible bruit 201, 202 sont réalisés selon une structure conventionnelle à partir d'amplificateurs opérationnels. L'amplificateur différentiel 22 comprend un transformateur TR comportant un enroulement primaire 221 relié à la sortie d'un amplificateur 220 auquel est appliqué un signal de référence d'oscillation Vosc, un premier enroulement secondaire 222 prévu pour délivrer une tension de référence Vref utilisée par la calculateur analogique 21, et deux enroulements secondaires 223, 224 à point milieu prévus pour délivrer les signaux d'excitation respectifs de l'ensemble d'électrodes émettrices positives T1, T2, TA et de l'électrode émettrice négative TB.

Le calculateur analogique 21 comprend un premier module de calcul 21.1 incluant un circuit mélangeur 211 recevant en entrée le signal délivré par le premier étage préamplificateur 201 et représentatif de la quantité CA-CB, le signal délivré par le second étage préamplificateur 202 et représentatif de la quantité C1+C2, un signal d'offset délivré par le convertisseur numérique/analogique 26 et le signal de sortie Vs1z de ce premier module de calcul, et délivrant un signal appliqué en entrée négative d'un étage amplificateur différentiel 215 dont l'entrée positive est reliée à un premier commutateur 213 entre le signal de sortie du mélangeur 211 et la masse, ce premier commutateur 213 étant commandé par la tension de référence Vref.

Un second module de calcul 21.2 inclut un circuit mélangeur 212 recevant en entrée le signal délivré par le second préamplificateur 202, la tension de référence Vref, et le signal de sortie Vs1G de ce second module de calcul, et délivrant un signal qui est appliqué en entrée négative d'un étage amplificateur différentiel 216 dont l'entrée positive est reliée à un second commutateur 214 entre le signal de sortie du mélangeur 212 et la masse, ce second commutateur 214 étant aussi commandé par la tension de référence Vref.

Les sorties respectives des deux amplificateurs différentiels 215, 216 sont appliquées en entrée de deux circuits intégrateurs démodulateurs 217, 218 pour délivrer les signaux de sortie Vs1z, Vs1G du calculateur analogique 21. Ces deux signaux de sortie sont appliqués en entrée d'un multiplexeur 249 dont la sortie analogique est appliquée en entrée d'un convertisseur analogique/numérique 250 générant des données numériques destinées à être traitées par le microcontrôleur 30 de la carte numérique 3 du système de mesure sans contact selon l'invention.

On peut établir que le signal de sortie Vs1z est représentatif du rapport  $\frac{n+.CA-n-.CB}{C1+C2}$  où n- et n+ sont les nombres de spires respectifs des enroulements secondaires 223, 224 reliés respectivement à l'électrode

émettrice négative TB et à l'ensemble d'électrodes émettrices positives T1, T2, TA.

On va maintenant décrire, en référence à la figure 5, un second exemple de réalisation d'un système de mesure selon l'invention. Les  
5 composants et éléments communs aux premier et second exemples de réalisation et représentés sur les figures 3 à 5 sont repérés par des références communes.

Ce système de mesure S' comprend un module capteur 1 du type décrit précédemment et un module de traitement électronique 500 qui met en  
10 œuvre des ponts conventionnels asservis à l'aide de modulateurs à l'entrée des amplificateurs de charge.

Les électrodes émettrices positives T1, T2, TA et l'électrode émettrice négative TB sont alimentées en signaux d'excitation haute fréquence par le module d'alimentation 22' piloté par le signal de sortie du circuit oscillateur  
15 520.

La troisième électrode réceptrice R(A-B) est reliée via un conducteur 151 à l'entrée d'un premier amplificateur de charge 501, tandis que les première et seconde électrodes réceptrices R1, R2 sont reliées via un  
20 conducteur 152 à l'entrée d'un second amplificateur de charge 502.

Un premier modulateur 511, monté en multiplieur, reçoit en entrée : un premier signal de sortie Voz du module de traitement 500, un signal analogique ko généré par un convertisseur numérique-analogique (DAC) 26 piloté par un microcontrôleur ( $\mu$ C), et un signal analogique Vx produit en  
25 interne par le module de traitement 500. Ce premier modulateur 511, qui est associé à un premier coefficient de modulation m1, délivre un signal de sortie de modulation qui est appliqué via un gain K1 et une première capacité de référence Cref1 en entrée du premier amplificateur de charge 501.

Un second modulateur 512, monté en diviseur, auquel est associé un  
30 second coefficient de modulation m2, reçoit en entrée : un signal de référence Vref auquel est appliqué un coefficient multiplicatif K, un second

signal de sortie Voy du module de traitement 500. Ce second modulateur 512 délivre un signal de sortie de modulation Vx qui est appliqué, via un gain K2 et une seconde capacité de référence Cref2, en entrée du second amplificateur de charge 502.

5 Les sorties de référence +Vref et -Vref du module d'alimentation 22' sont utilisées pour piloter les premier et second modulateurs 511, 512.

Le signal de sortie du premier amplificateur de charge 501 est appliqué en entrée d'un premier amplificateur haute fréquence 505 dont la sortie est appliquée en entrée d'un premier démodulateur synchrone 515. Le signal de  
10 sortie de ce premier démodulateur synchrone est appliqué en entrée d'un intégrateur 517 qui délivre le premier signal de sortie Voz représentatif d'un déplacement selon l'axe z.

Le signal de sortie du second amplificateur de charge 502 est appliqué en entrée d'un second amplificateur haute fréquence 504 dont la sortie est  
15 appliquée en entrée d'un second démodulateur synchrone 516 générant un signal démodulé qui est appliqué en entrée d'un second intégrateur 518 délivrant le second signal de sortie Voy.

Les deux premier et second démodulateurs synchrones 515, 516 sont pilotés par le circuit oscillateur 520.

20 L'utilisation d'une mesure en méthode de zéro réelle pour le module de traitement électronique 500 procure un avantage décisif en termes de performance en résolution. Ceci est rendu possible par l'utilisation d'un modulateur diviseur et d'un modulateur multiplieur et par le fait que l'on injecte le signal de tension Vx dans le modulateur multiplieur 511

25 Les signaux de sortie Voz et Voy peuvent être exprimés de la façon suivante :

$$V_{oz} = \frac{1}{m_1} \left[ \frac{n^+ C_a - n^- C_b}{n^+ (C_1 + C_2) - C_1 K_1} * \frac{K_2 \cdot C_{ref2}}{K_1 \cdot C_{ref1}} \right] \pm k_0$$

$$V_{oy} = \frac{K \cdot K_2 \cdot C_{ref2} \cdot m_2}{n^+ (C_1 + C_2) - C_1 K_1}$$

Dans un exemple pratique de réalisation d'un système de mesure selon l'invention, le module capteur inséré entre les segments de miroir présente les caractéristiques dimensionnelles et électriques suivantes :

Plaque émettrice :

5	Surface des électrodes TA et TB :	20 x 40 mm <sup>2</sup>
	Surface des électrodes T1 et T2 :	40 x 40 mm <sup>2</sup>
	Surface de la plaque émettrice :	50 x 130 mm <sup>2</sup>

Plaque réceptrice :

10	Surface de l'électrode R(A-B) :	20 x 30 mm <sup>2</sup>
	Surface des électrodes R1 et R2 :	20 x 20 mm <sup>2</sup>
	Surface de la plaque réceptrice :	50 x 130 mm <sup>2</sup>

Distance inter-plaques :            entre 6 et 18 mm

15    Capacitance (pour une distance inter-plaques de 17 mm) :

CA = CB : 0.15 pF

C1 = C2 = 0.20 pF

Sensibilité sur l'axe z :    30 pF/m

20    Sensibilité sur l'axe Y :    11 pF :m

Dans un exemple pratique de réalisation d'un équipement électronique associé au module capteur décrit ci-dessus :

	Bruit de mesure électronique sur l'axe Z :	10 nm/Hz <sup>1/2</sup>
25	Bruit de mesure électronique sur l'axe Y :	20 nm/Hz <sup>1/2</sup>
	Portée sur l'axe Z :	+/- 0.5 mm
	Portée sur l'axe Y :	6-18 mm
	Réglage d'offset :	+/- 0.5 mm
	Signal de sortie sur l'axe Z :	+/- 10 V
30	Signal de sortie sur l'axe Y :	0-10 V
	Résolution en sortie :	15 nm



(conversion A/N sur 16 bits sur l'axe Z)

Bande passante : 0 – 10 Hz

Dérive du gain et de l'offset : < 10 nm/°C

Résolution sur le contrôle d'offset 15 nm

5 (conversion A/N sur 16 bits sur l'axe Z)

Liaison série

Alimentation électrique : 120 ou 230 V

Rack de 8 canaux en format 3U 19 pouces

Longueur du câble capteur-électronique : 15 m

10 Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être  
décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples  
sans sortir du cadre de l'invention. Le système de mesure selon l'invention  
peut notamment être mis en œuvre pour le contrôle de miroirs primaires  
segmentés et en optique adaptative, mais aussi pour le contrôle de miroirs  
15 secondaires.

20

25

30

## REVENDICATIONS

1. Système (S, S') de mesure sans contact d'un déplacement relatif ou d'une position relative d'un premier objet par rapport à un second objet, comprenant :
- un module capteur (1) comprenant une plaque émettrice (T) fixée audit premier objet et une plaque réceptrice (R) liée audit second objet, lesdites premières et seconde plaques émettrice et réceptrice étant disposées sensiblement en vis à vis et pourvues d'électrodes respectivement émettrices et réceptrices,
  - des moyens (22) pour appliquer sur lesdites électrodes émettrices des signaux d'excitation à haute fréquence,
  - des moyens pour prélever sur lesdites électrodes réceptrices des signaux de mesure modulés à haute fréquence, et,
  - des moyens (2, 500) pour traiter lesdits signaux de mesure ainsi prélevés, de façon à délivrer des signaux représentatifs du déplacement relatif ou de la position relative dudit premier objet audit second objet, caractérisé en ce que les électrodes émettrices et réceptrices sont agencées pour constituer une première capacitance variant en fonction de la distance séparant les plaques respectivement émettrice et réceptrice et une seconde capacitance variant en fonction du désalignement relatif desdites plaques, et en ce que les moyens de traitement sont agencés pour réaliser, à partir des signaux de mesure prélevés, un calcul analogique (i) d'un premier signal représentatif de l'inverse de ladite première capacitance et (ii) d'un second signal représentatif du rapport de la seconde capacitance sur ladite première capacitance.
2. Système (S, S') de mesure sans contact selon la revendication 1, caractérisé en ce que les électrodes émettrices comprennent au moins une première électrode émettrice (T1) avec une première polarité, une seconde électrode émettrice (TA) avec ladite première polarité et une électrode

émettrice (TB) avec une seconde polarité inverse de ladite première polarité, les électrodes réceptrices comprennent au moins une première électrode réceptrice (R1) sensiblement en vis à vis avec ladite première électrode émettrice (T1) et une seconde électrode réceptrice (R(A-B)) sensiblement en vis à vis d'une partie de ladite seconde électrode émettrice (TA) et une partie de ladite électrode émettrice (TB) de polarité inverse.

3. Système de mesure selon la revendication 2, caractérisé en ce que les électrodes émettrices comprennent deux premières électrodes émettrices (T1, T2) avec la première polarité présentant sensiblement une même première forme géométrique, et en ce que les électrodes réceptrices comprennent deux premières électrodes réceptrices (R1, R2) présentant ladite première forme géométrique et agencées au sein de la plaque réceptrice pour être en vis à vis respectivement desdites premières électrodes émettrices lorsque lesdites plaques émettrice et réceptrice sont en alignement.

4. Système de mesure selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la seconde électrode émettrice (TA) et l'électrode émettrice de polarité inverse (TB) présentent une même seconde forme géométrique et sont disposées parallèlement à proximité étroite l'une de l'autre.

5. Système de mesure selon la revendication 4, caractérisé en ce que la seconde électrode réceptrice (R(A-B)) est agencée au sein de la plaque réceptrice de sorte que la projection de ladite seconde électrode réceptrice sur la plaque émettrice est incluse dans un périmètre incluant les contours de la seconde électrode émettrice (TA) et de l'électrode réceptrice de polarité inverse (TB).

6. Système de mesure selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que les deux premières électrodes émettrices (T1, T2) et la seconde électrode émettrice (TA) sont reliées électriquement et sont excitées par un

même signal d'excitation modulé à haute fréquence, et en ce que les deux premières électrodes réceptrices (R1, R2) sont reliées électriquement.

7. Système de mesure selon l'une des revendication 4 à 6, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent des moyens pour réaliser le calcul analogique :

$$1/(C1 + C2)$$

où C1 et C2 sont les capacitances constituées respectivement par les premières électrodes émettrices (T1, T2) et les premières électrodes réceptrices (R1, R2).

8. Système de mesure selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent des moyens pour réaliser le calcul analogique :

$$CA-CB/(C1 + C2)$$

où C1 et C2 sont les capacitances constituées respectivement par les premières électrodes émettrices (T1, T2) et les premières électrodes réceptrices (R1, R2), et

où CA-CB représente la capacitance constituée par d'une part la seconde électrode émettrice (TA) et l'électrode émettrice de polarité inverse (TB) et d'autre part, la seconde électrode réceptrice (R(A-B)).

9. Système de mesure selon les revendications 7 et 8, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent un étage préamplificateur (20) pour préamplifier les signaux de mesure prélevés respectivement sur la seconde électrode réceptrice (R(A-B)) et sur les deux premières électrodes réceptrices (R1, R2) reliées électriquement, en amont des moyens de calcul analogique (21).

10. Système de mesure selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de calcul analogique sont agencés pour traiter une information

analogique d'offset délivrée par des moyens de conversion numérique /analogique connectés à des moyens numériques de contrôle.

11. Système de mesure selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé  
5 en ce que les moyens de calcul analogique comprennent des moyens pour démoduler les signaux résultant des calculs analogiques.

12. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications  
précédentes, caractérisé en ce que les plaques respectivement émettrice et  
10 réceptrice comportent des supports réalisés en matériau souple.

13. Système de mesure selon la revendication 12, caractérisé en ce que le  
matériau souple constituant les supports est du polyimide.

14. Système de mesure selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé  
15 en ce que le matériau souple constituant les supports est réalisé à partir d'un circuit imprimé souple.

15. Système de mesure selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel  
20 au moins des desdits premier et second objets comprend un miroir, caractérisé en ce que l'un au moins des supports en matériau souple est collé audit miroir.

16. Système de mesure (S') selon l'une quelconque des revendications  
25 précédentes, caractérisé en ce que les moyens de traitement (500) comprennent un premier amplificateur de charge (501) dont l'entrée est reliée à la troisième électrode réceptrice R(A-B) et à la sortie d'un premier modulateur (511) monté en multiplieur, et un second amplificateur de charge (502) dont l'entrée est reliée aux première et seconde électrodes réceptrices  
30 (R1, R2) et à la sortie d'un second modulateur (512) monté en diviseur, les sorties respectives desdits premier et second amplificateurs de charge (501,

502) étant reliées respectivement en entrée d'un premier et d'un second démodulateurs synchrones (515, 516) pilotés par des moyens oscillateurs, les sorties respectives desdits premier et second démodulateurs synchrones (515, 516) étant appliqués en entrée respectivement d'un premier et d'un second intégrateurs (517, 518) délivrant respectivement un premier signal analogique (Voz) représentatif de la quantité  $K \left[ \frac{CA - CB}{C1 + C2} \pm k\omega \right]$  et un second signal analogique (Voy) représentatif de la quantité  $k \left[ \frac{1}{C1 + C2} \right]$ .

10 17. Système de mesure (S') selon la revendication 16, caractérisé en ce que les moyens de traitement (500) comprennent en outre un premier et un second amplificateur haute fréquence (505, 504) disposés respectivement entre, d'une part, les sorties des premier et second amplificateurs de charge (501, 502), et d'autre part, les entrées des premier et second démodulateurs synchrones (515, 516).

15 18. Application du système de mesure sans contact selon l'une des revendications précédentes, pour la mesure de la position relative entre deux segments de miroirs adjacents.

20 19. Application selon la revendication 18, dans laquelle les plaques respectivement émettrice et réceptrice sont fixées à des parois latérales en vis à vis de deux segments de miroirs adjacents, à proximité étroite des surfaces actives desdits segments de miroirs.

25 20. Application selon la revendication 19, dans laquelle le système de mesure sans contact selon l'une des revendications 1 à 11 est mis en œuvre pour le contrôle de position (Tilt, Tip, piston et rayon de courbure global du miroir (GROC)) de segments de miroir.

21. Application selon l'une des revendications 18 à 20, dans le domaine des télescopes de grande taille à miroirs segmentés.

22. Procédé de mesure sans contact d'un déplacement relatif ou d'une position relative d'un premier objet par rapport à un second objet, mis en œuvre dans le système selon l'une des revendications précédentes, comprenant :

- une application de signaux d'excitation à haute fréquence sur des électrodes émettrices disposées sur une plaque émettrice fixée sur ledit premier objet,
  - un prélèvement de signaux de mesure modulés à haute fréquence sur des électrodes réceptrices disposées sur une plaque réceptrice fixée sur ledit second objet, au moins une partie desdites électrodes respectivement émettrices et réceptrices étant sensiblement en vis à vis lorsque les plaques respectivement émettrice et réceptrice sont sensiblement alignées,
  - un traitement desdits signaux de mesure ainsi prélevés, de façon à délivrer des signaux représentatifs du déplacement relatif ou de la position relative dudit premier objet audit second objet,
- caractérisé en ce que ce traitement comprend un calcul analogique (i) d'un premier signal représentatif de l'inverse d'une première capacitance et (ii) d'un second signal représentatif du rapport d'une seconde capacitance sur ladite première capacitance, ladite première capacitance étant constituée par au moins une desdites électrodes émettrices et au moins une desdites électrodes réceptrices de façon à varier en fonction de la distance séparant les plaques respectivement émettrice et réceptrice et ladite seconde capacitance étant constituée par au moins une autre desdites électrodes émettrices et au moins une autre desdites électrodes réceptrices de façon à varier en fonction du désalignement relatif desdites plaques.

23. Procédé de mesure selon la revendication 22, dans lequel les électrodes émettrices comprennent deux premières électrodes émettrices (T1, T2), une

seconde électrode émettrice (TA) et une électrode émettrice (TB) avec une polarité inverse de celle de la dite seconde électrode émettrice (TA), les électrodes réceptrices comprennent deux premières électrodes réceptrices (R1, R2) et une seconde électrode réceptrice (R(A-B) en vis à vis d'au moins  
5 une partie de ladite seconde électrode émettrice (TA) et d'au moins une seconde partie de ladite électrode émettrice (TB) de polarité inverse, lesdites premières électrodes émettrices et ladite seconde électrode émettrice étant reliées électriquement et excitées par un même signal d'excitation modulé à haute fréquence, et lesdites premières électrodes réceptrices étant reliées  
10 électriquement, de façon à constituer (i) une capacitance  $C1 + C2$  correspondant à la mise en parallèle de deux capacitances (C1, C2) constituées respectivement par chaque première électrode émettrice (T1, T2) et chaque première électrode réceptrice (R1, R2) correspondante.

15 24. Procédé de mesure selon la revendication 23, caractérisé en ce que le calcul analogique comprend un calcul de la quantité :

$$1/(C1 + C2)$$

où C1 et C2 sont les capacitances constituées respectivement par les premières électrodes émettrices (T1, T2) et les premières électrodes  
20 réceptrices (R1, R2).

25 25. Procédé de mesure selon la revendication 23, caractérisé en ce que le calcul analogique comprend un calcul de la quantité :

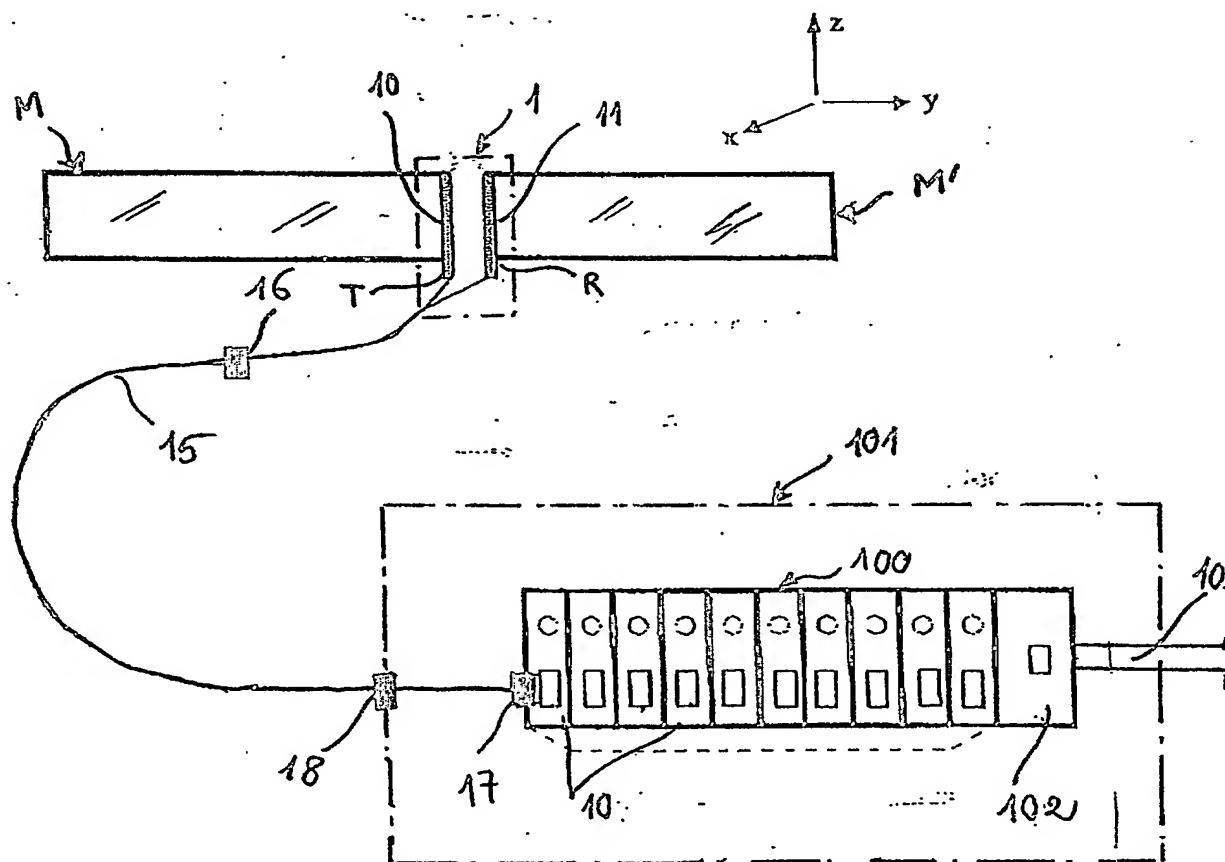
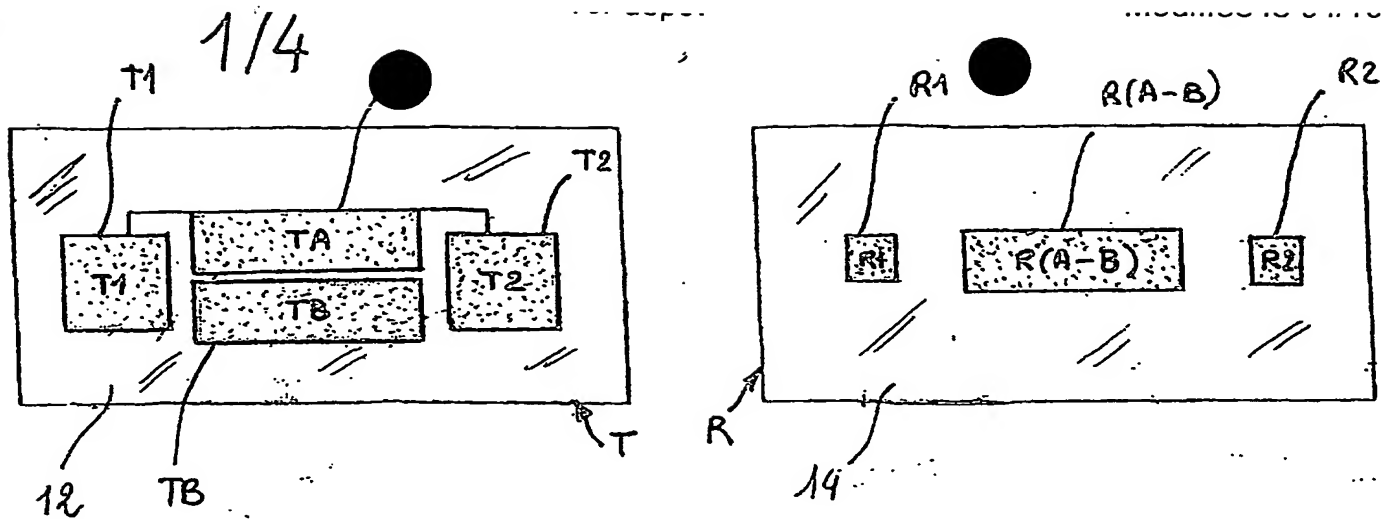
$$CA - CB / (C1 + C2)$$

où C1 et C2 sont les capacitances constituées respectivement par les premières électrodes émettrices (T1, T2) et les premières électrodes réceptrices (R1, R2), et

où CA-CB représente la capacitance constituée par d'une part la seconde électrode émettrice (TA) et l'électrode émettrice de polarité inverse (TB) et  
30 d'autre part, la seconde électrode réceptrice (R(A-B)).



26. Procédé selon l'une des revendications 23 à 25, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, préalablement au calcul analogique, une préamplification à ultra faible bruit des signaux de mesure prélevés respectivement sur la seconde électrode réceptrice (R(A-B)) et sur les deux premières électrodes
- 5 réceptrices (R1, R2) reliées électriquement.



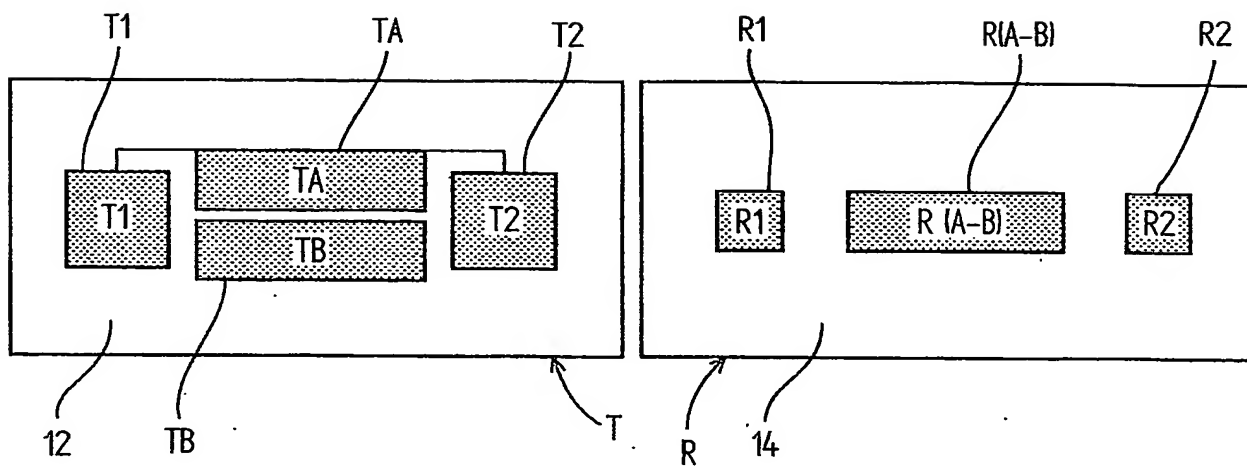


FIG. 1

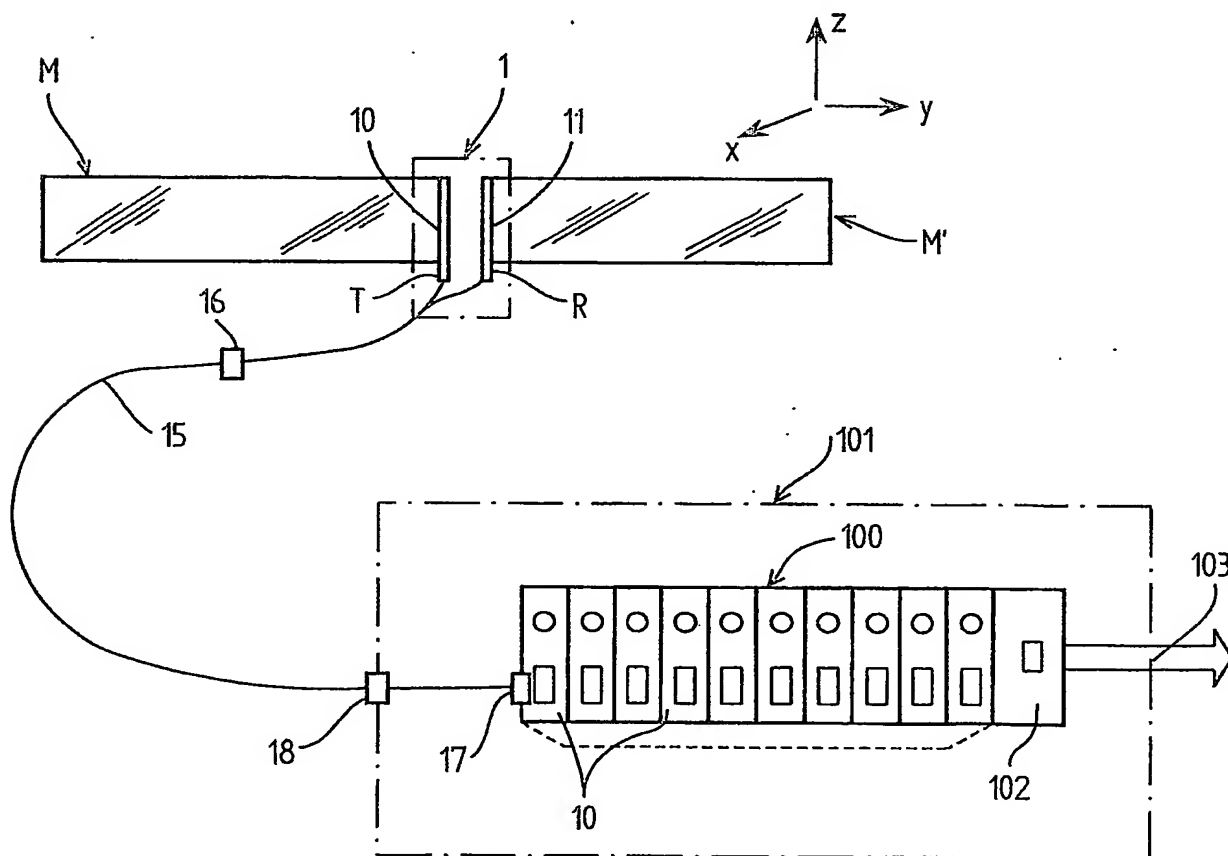


FIG. 2

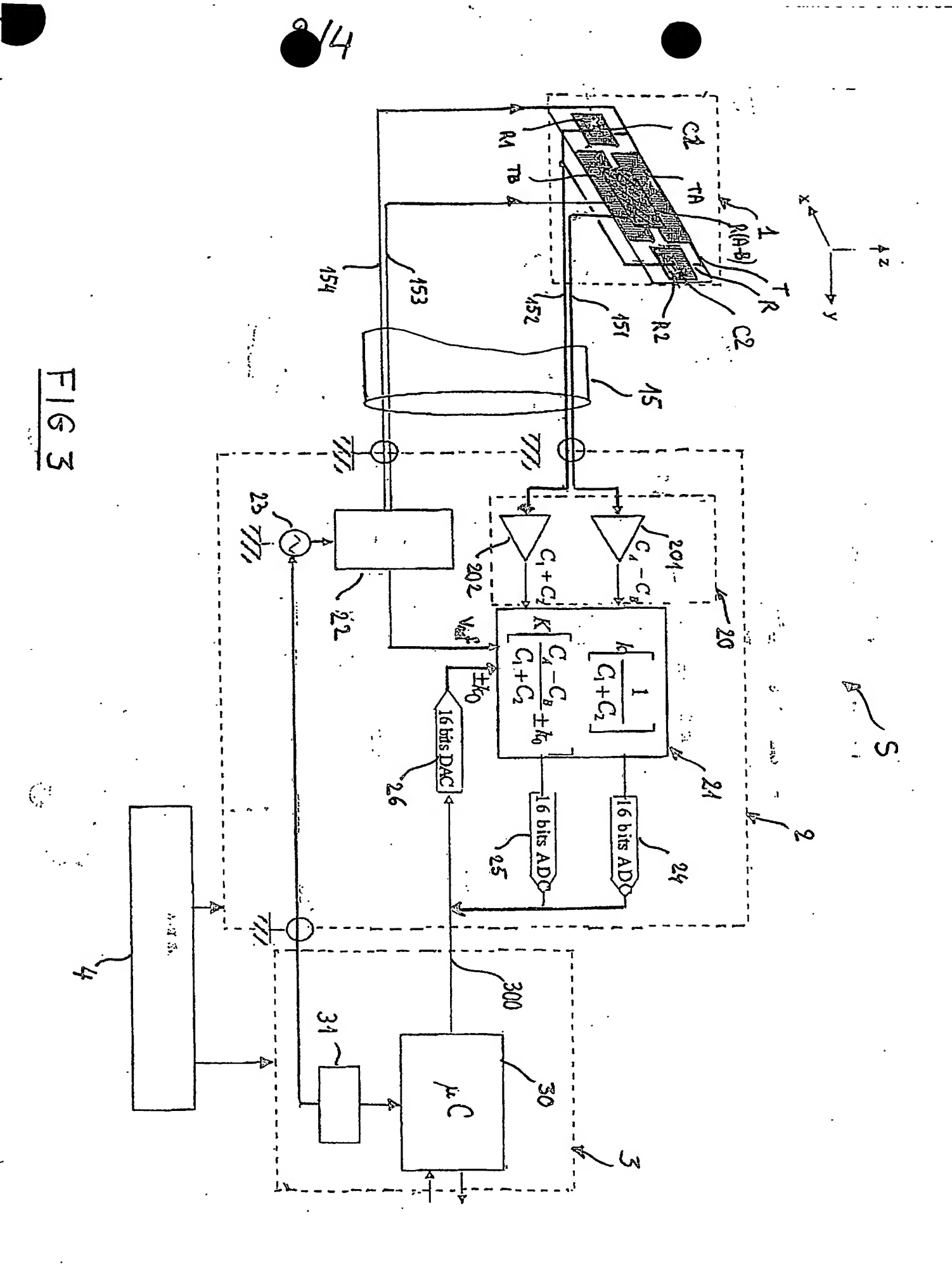


FIG 3

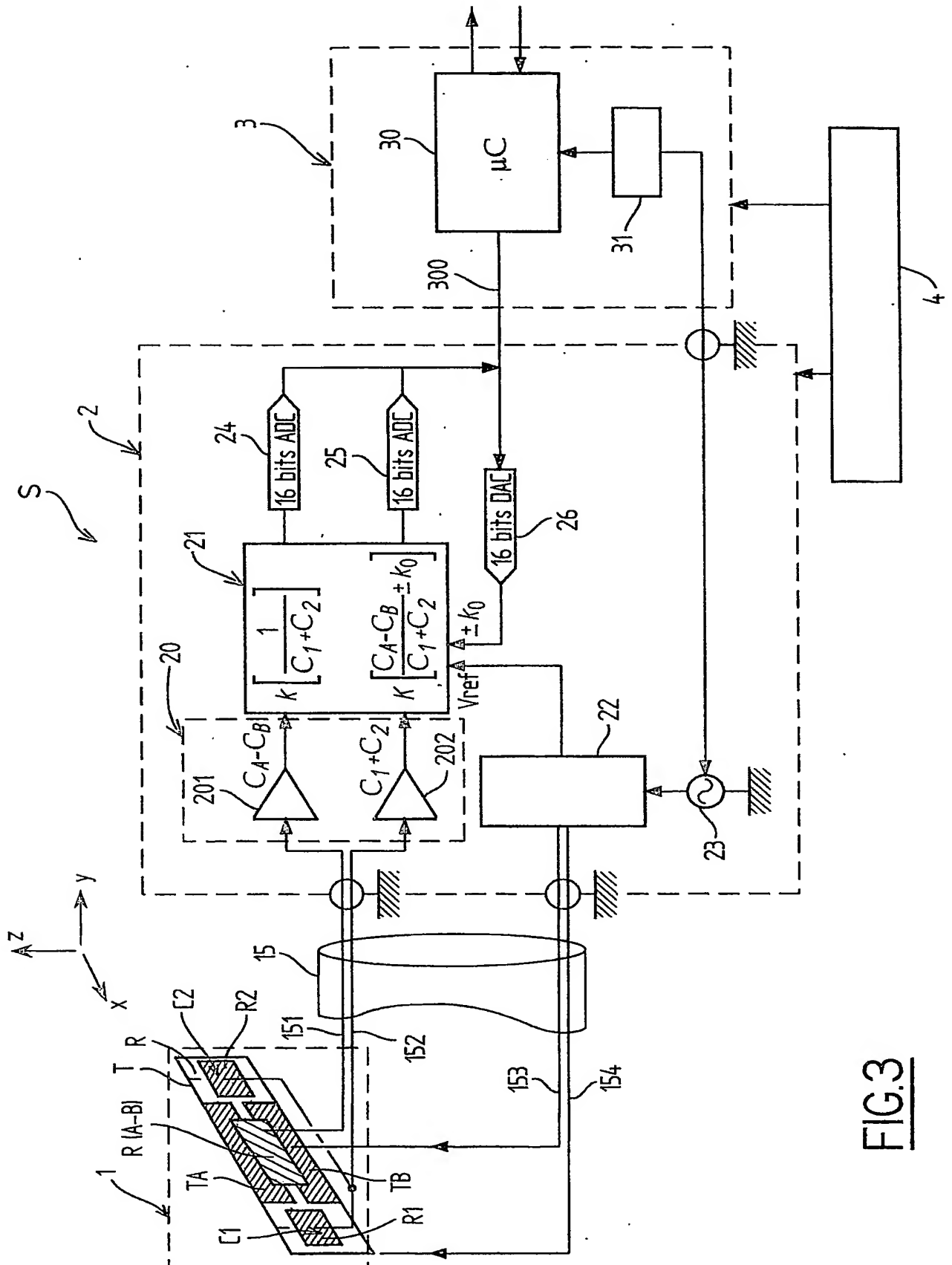


FIG. 3

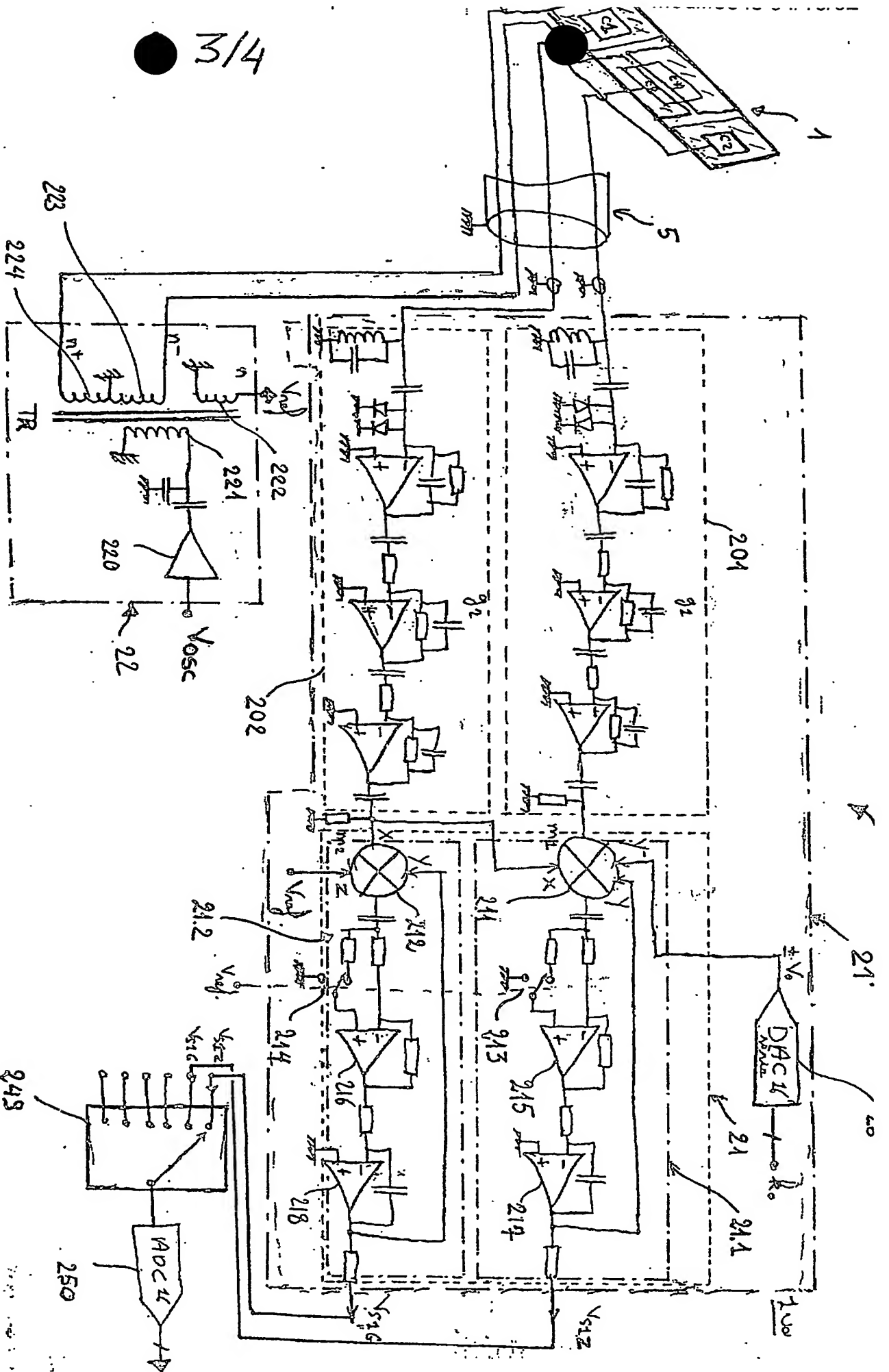


FIG. 4

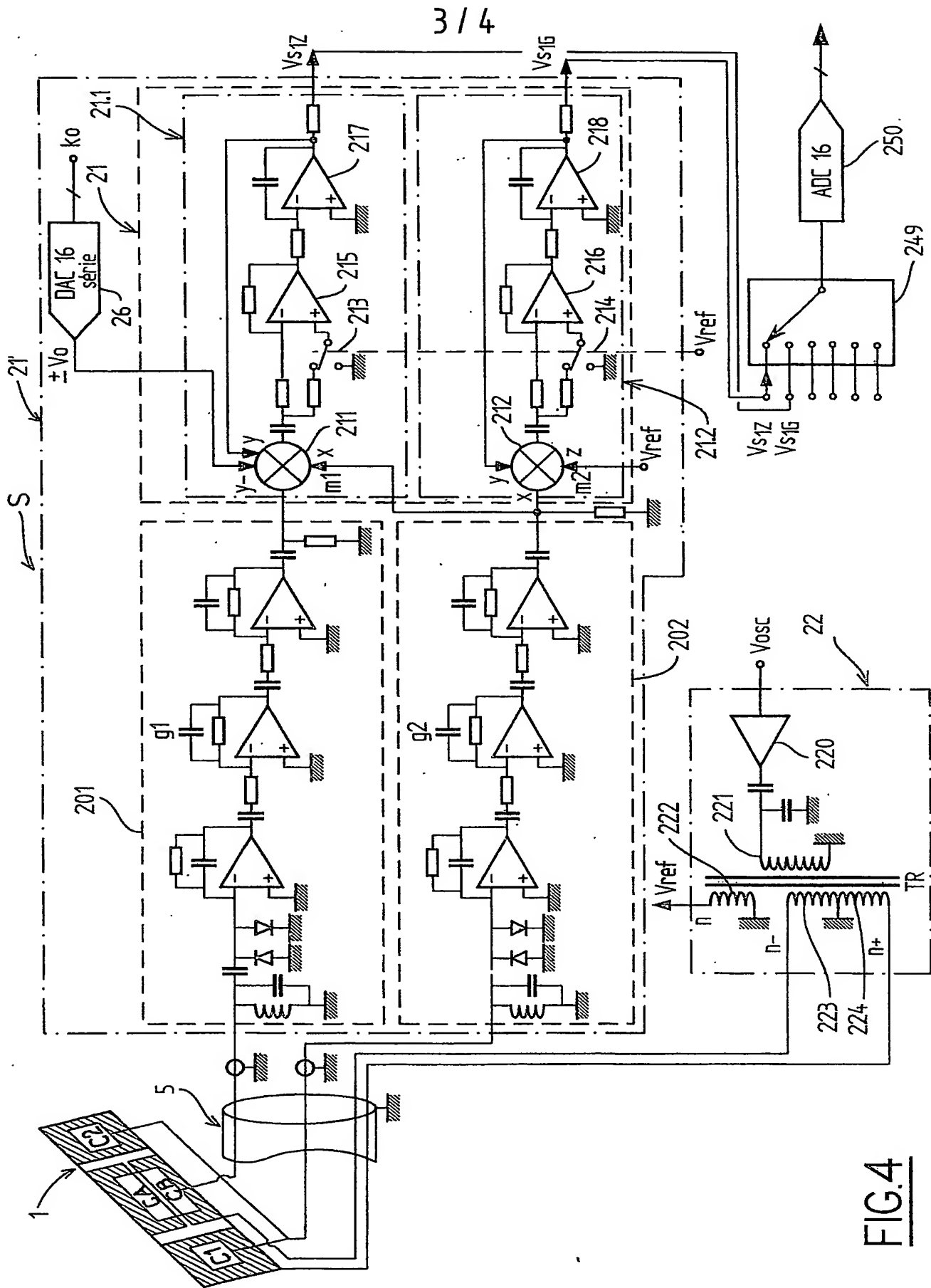


FIG. 4

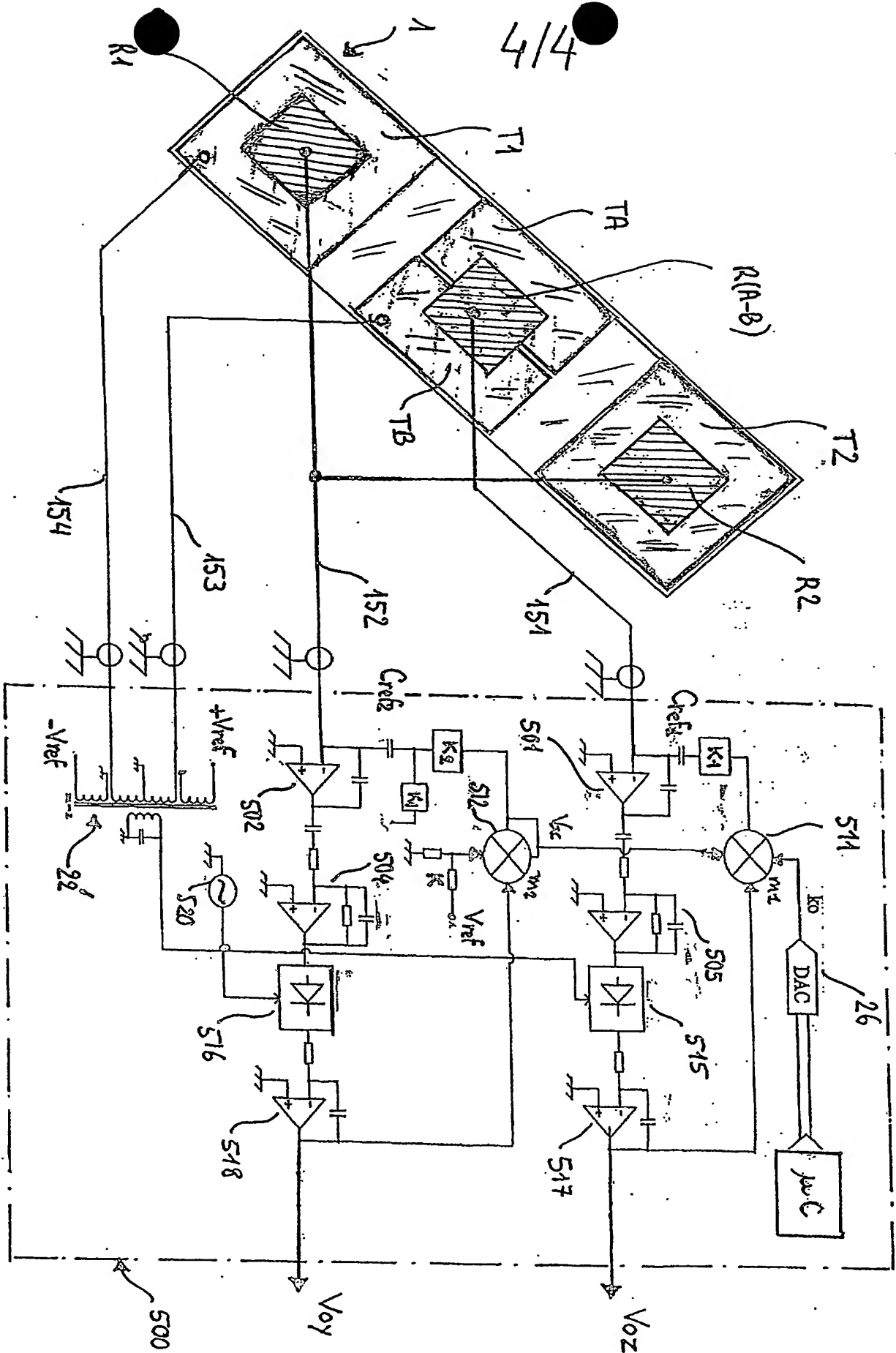


FIG. 5





DÉPARTEMENT DES BREVETS

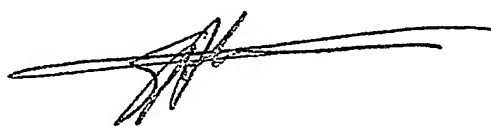
26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260939

Vos références pour ce dossier (facultatif)		IFB02 NAN TEL	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0210753	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) "Système et procédé de mesure sans contact d'un déplacement ou positionnement relatif de deux objets adjacents par voie capacitive, et application au contrôle de miroirs "			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> NANOTEC SOLUTION Société Civile 237 Chemin Puech du Teil 30900 NÎMES FRANCE			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		ROZIERE	
Prénoms		Didier	
Adresse	Rue	79 Impasse des Hêtres	
	Code postal et ville	30900	NÎMES
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		le 22 août 2002 Sylvain ALLANO CPI 96 03 03 	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**